

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Pasi Kurvinen

Tehtäväsuunnitelma jälkijännitetyille rakenteille

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2014



OPINNÄYTETYÖ
Maaliskuu 2014
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
Keskuksen puhelinnumero
+358 50 260 6800

Tekijä
Pasi Kurvinen

Jälkijännitettujen rakenteiden tehtäväsuunnitelma

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä luotiin tehtäväsuunnitelma jälkijännitettyjä rakenteita varten. Tehtäväsuunnitelmassa käydään läpi jälkijännitystyön eri työvaiheet esivalmisteluista valmiin työn luovutukseen sekä analysoidaan myös niihin liittyviä työturvallisuusriskejä.

Jälkijännitettujen rakenteiden työtekniikkaa päästiin seuraamaan NCC:n työmaalla Joensuun keskustassa. Näin saatiin kerättyä tietoa jälkijännitystyön valmisteluista, suorituksesta ja niihin liittyvistä riskeistä. Tietoa kerättiin myös haastatteleamalla asiaan perehtyneitä henkilöitä.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin luotua kattava tehtäväsuunnitelma jälkijännityksille kohteessa. Suunnitelman avulla jännitystyön tehtäväsuunnittelu saadaan yhtenäistetyksi ja työvaihetta kokonaisuudessaan on helpompi hallita. Tehtäväsuunnitelma otettiin käyttöön kyseisellä NCC:n työmaalla, joten opinnäytteen tavoitteet täyttyvät.

Kieli
suomi

Sivuja 26
Liitteet 2
Liitesivumäärä 2

Asiasanat
tehtäväsuunnitelma, jälkijännitetyt rakenteet, betonointi



THESIS
March 2014
Degree Programme in Civil Engineering
Karjalankatu 3
FI 80200 JOENSUU
FINLAND
Telephone number of The Centre
+358 50 260 6800

Author(s)

Pasi Kurvinen

Task Planning for post tension concrete constructions

Abstract

The purpose of this thesis was to create a task plan for post tension concrete constructions. The main focus was to create a comprehensive task plan, which includes parts regarding safety and work as well as descriptions on how the operation has to be conducted from start to finish.

Information about post tension concrete constructions was gathered for one of NCC's construction sites located in the center of Joensuu. The target was a six-storey residential and commercial building. The working order and potential safety risks were managed in the task plan. Information was also gained by interviewing the skilled workers.

As the result, a practical task plan was created. With the help of this plan casting of the post tension concrete construction work will be unified and the controlling operation will be easier. This task plan is in use at the NCC's construction site, thus fulfilling the objectives set for this thesis.

Language
Finnish

Pages 26
Appendices 2
Pages of Appendices 2

Keywords

post tension, task plan, concrete constructions.

Sisältö

1	Johdanto	1
2	Jälkijännitetyt rakenteet	2
3	Työkohteen kuvaus	3
4	Työvaiheen kuvaus	5
5	Aloitusedellytykset	6
5.1	Edeltävät työvaiheet	6
5.2	Palaveri	6
6	Laatuvaatimukset	7
6.1	Betonityönjohtaja	7
6.2	Betoni	8
6.3	Betonointi	9
6.4	Suojaus ja jälkihoito	10
6.5	Jälkijännitystyöt	10
6.6	Suojaputkien injektointi	13
6.7	Muottien purkaminen	14
7	Työturvallisuus	14
7.1	Perehdytys	15
7.2	TR -mittaus	15
7.3	Putoamisvaara	16
7.4	Nostot	17
7.5	Muut vaarat	17
7.6	Liikenne	18
8	Suunnitelmat ja detaljit	19
9	Työn toteutus	19
10	Tarkastukset ja virheiden ehkäisy	23
10.1	Muotit	23
10.2	Raudoitus	24
10.3	Betonointi	24
11	Lopuksi	24
	Lähteet	26

Liitteet

Liite1	Raudoitustarkastuspöytäkirja
Liite2	Jälkijännitysaikataulu

1 Johdanto

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää tehtäväsuunnitelma jälkijännitettyjä rakenteita varten. Tehtäväsuunnitelman tarkoitus on tuoda ilmi ja selostaa jälkijännitettyjen rakenteiden työvaiheet esivalmisteluista valmiin työn luovutukseen sekä analysoida työhön liittyviä työturvallisuusriskejä.

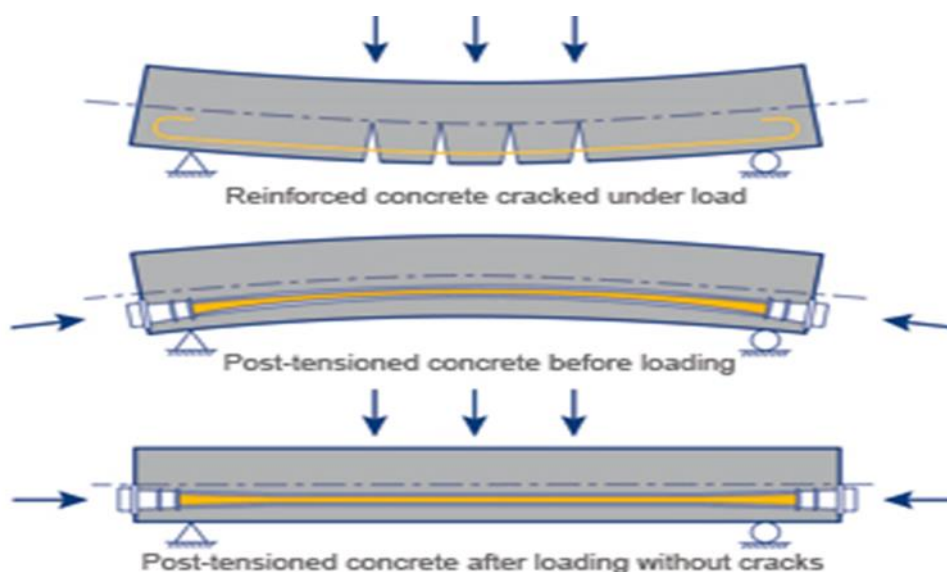
Jälkijännitystyötä valmisteluineen ja eri työvaiheineen päästiin seuraamaan NCC:n työmaalla Joensuun keskustassa (kuva 1). Tietoa kerättiin myös haastattelujen avulla. Tuloksena opinnäytetyöstä saatiin luotua kohteeseen kattava tehtäväsuunnitelma. Tehtäväsuunnitelman avulla eri työvaiheet saadaan yhtenäistetyksi. Työvaiheita on helpompi hallita ja seurata työturvallisuuden näkökulmasta.



Kuva 1. Arkkitehtikuva kiinteistöstä: (Piirainen 2014)

2 Jälkijännitetyt rakenteet

Jälkijännitetyt rakenteet tehdään yleensä aina paikallavalettuina betonirakenteina. Betonirakenteen jännittämisellä mahdollistetaan rakenteen teräsmäärien pienentäminen sekä jännevälin kasvattaminen ilman rakenteen kantavuuden heikkenemistä. Rakenteesta tulee näin ollen hoikempi ja rakenteen halkeilu es-
tyy ja vähenee (kuva 2). Samalla rakenne saa selkeästi paremman kestävyys- ja pidemmän käyttöiän kuin perinteinen betonirauditus. Näiden ominaisuuksien vuoksi jälkijännitystekniikkaa käytetäänkin usein esimerkiksi silloissa ja pysäköintihallien autokansissa.



Kuva 2. Jälkijännitetyn betonin vertailu betoniraudoitukseen: (BBR VT International Ltd)

Jännittäminen muuttaa betonirakenteen toimintaa ja mahdollistaa sirompien rakenteiden ja pidempien jännevälien käytön. Jännittämisen tarkoituksena on vähentää ja poistaa vetolujuuden aiheuttamia rajoituksia ja haittoja sekä käyttää hyväksi betonin erinomaista puristuslujuutta. Rakenteeseen pyritään saamaan niin suuri alkujännitys, että kuormitetussa rakenteessa esiintyisi ainoastaan puristusjännityksiä tai mahdollisesti ennalta suunniteltuun määrään rajoitettuja ve-

tojännityksiä. Käytännössä betoni voidaan jännittää kolmella eri tavalla: tartuntajännebetoni, ankkurijännebetoni ja tartunnaton jänne.

Ankkurijännebetoni jälkijännitys tehdään valamalla betoniin kanavat suojaputkien avulla. Betonin saavutettua suunnitellun jännityslujuutensa, kanaviin pujotetaan teräsjänteet jotka jännitetään ja ankkuroidaan. Suojaputket täytetään tämän jälkeen injektiolaastilla tartunnan aikaansaamiseksi.

Myös tartunnaton jänne eli niin sanottu rasvajänne jälkijännitetään. Erona ankkurijännebetoniin jännepunokset asetetaan muottiin ilman erillisiä suojaputkia. Jänteessä itsessään olevan suojaputken sisältämä rasva suojaa terästä korroosiolta ja vähentää kitkaa.

Tartuntajänne- eli esijännitystekniikassa jännepunokset kiristetään jo etukäteen ja betoni valetaan vasta jännitettyjen punosten ympärille. Betonin saavutettua lasketun lujuutensa jänteet katkaistaan, jolloin niihin syntynyt voima siirtyy puristamaan betonia. Esijännityksen käyttäminen työmaaloissa ei onnistu, koska yleensä työmaaloissa ei ole mahdollista asentaa ankkureita, joita vasten jännittäminen tehdään.

Tässä kohteessa käytetään tartunnattomia jännepunoksia. Yleensä lähes poikkeuksetta jännepunoksissa käytetään erityisen lujasta ja korkealaatuisesta teräksestä valmistettuja jänteitä. Koska kimmoiset muodonmuutokset pyrkivät palautumaan, jänteiden palautuminen alkuperäiseen muotoonsa ja asemaansa estetään ankkuroimalla. Tällöin niihin syntyy suuri vetovoima, joka siirretään puristamaan betonirakennetta joko pääteankkureiden tai tartunnan avulla. (by 201 2009, 548-551).

3 Työkohteen kuvaus

Kohde jota varten työsuunnitelma tehtiin, on NCC Rakennus Oy:n urakoima liike- ja asuinkerrostalo Joensuun keskustassa. Kyseessä on kuusikerroksinen, yli 9 000 kerrosneliömetrin kokoinen liikekiinteistö, johon kuuluu myös 50 uutta

asuntoa. Kiinteistön on suunnitellut joensuulainen arkkitehtitoimisto Esa Piirainen Oy. Rauditus- ja betonointityöt kohteessa tekee NCC:n aliurakoitsijana toimiva Rävala Rakennus Oy ja jännityspunosasennukset suunnitelmiseen Insinööritoimisto Matti Janhunen Oy.



Kuva 3. Näkymä Koskikadulta: (Piirainen 2014)

Työkohteessa vastuuhenkilöinä ovat:

- vastaava mestari Teemu Räsänen NCC Rakennus Oy
- 1-luokan betonityönjohtaja Pauli Haimilahti NCC Rakennus Oy
- työpäällikkö Mika Karhu NCC Rakennus Oy
- Tarmo Töntson Rävala Rakennus Oy
- Andry Kasak Rävala Rakennus Oy
- Erkki Nuutinen Civilpro Oy
- Matti Janhunen Insinööritoimisto Matti Janhunen Oy

4 Työvaiheen kuvaus

Jälkijännitettujen laattojen ja palkkien asennuksien aloitus kohteessa tehdään heti kellarikerroksen maanvaraisen betonilaatan ja maanpaineseinien valmistuksen jälkeen. Ensimmäisen kerroksen holvilaatta valetaan kahdessa lohossa ja sen raudoitus- ja punostyön sekä valun aikana käytetään sääsuojaa. Tämän jälkeen muutaman viikon kuluttua valmistetaan kerrokset 2 ja 3.

Kaksi alimmaista holvia tulevat toimimaan pysäköintitasoina ja ne päällystetään Master Top -pinnoitteella. Ylimmälle tasolle tulee vesieristys ja sisäpiha. Arvioitu rakennusaika jälkijännitettujen rakenteiden osalta on noin neljä kuukautta.

Alimman kerroksen palkkien ja holvin muottityöt alkavat viikolla 5, ja lohkon 1 raudoitustyö ja punosasennus alkavat viikolla 7. Alustava aikataulu jännitettujen tasojen osalta on seuraava: alin taso viikot 5- 11, välitaso viikot 11- 17 ja ylin taso viikot 17- 23. Ylimmässä tasossa on huomioitava valoaukon teko ja se, että tasojen massoista lähes 50 % on ylimmässä tasossa.

Alimman tason ensimmäisen lohkon osalta laatan punokset jännitetään liikuntasauman kohdalla ja toisen lohkon punokset jännitetään väestönsuojaan päin. Jännitetty laatta on ylempänä kuin väestönsuoja. Linjojen 1–4 ja 6–7 kohdalla oleva aktiiviankkureiden päässä jälkijännitettävään laattaan rajoittuva teräsbetonilaatta (moduuli E1–F2) jätetään valamatta, kunnes jännitystyö on tehty. Palkit jännitetään Koskikadulle päin. Ylemmät tasot jännitetään vastaaviin suuntiin.

Betonimäärät:

- alimmainen holvi 1. lohko n.170 m³
- alimmainen holvi 2. lohko n.100 m³
- keskimäinen holvi n. 270 m³
- ylimmäinen holvi n. 400 m³

5 Aloitusedellytykset

Jälkijännitettujen rakenteiden aloitusedellytyksinä ovat tietyt toteutuneet työvaiheet sekä aloituspalaveri, jossa käydään läpi työn laatuvaatimukset, aikataulut ja suunnitelmat.

5.1 Edeltävät työvaiheet

Kellarikerroksen alimmainen pohjalaatta sekä maapaineseinät ja pilarit on valettu. Sääsuojakalusto on asennettu asianmukaisesti ja varmistettu riittävän lämmön saaminen kohteeseen.

Kahdella alimmalla tasolla tarvitaan jälkituenta. Jännepunossuunnittelija tekee kohteeseen jälkituentasuunnitelman.

Työmaan työkohdemestari sekä betonityönjohtaja jolla on 1-luokan pätevyys tarkastavat työkohteen tilaajan nimeämän valvojan kanssa.

5.2 Palaveri

Työmaalla pidetään urakoitsijoiden työryhmien kanssa aloituspalaveri, jossa on huomioitava erityisesti seuraavat asiat:

- työryhminä toimivat Rävalä Rakennus Oy työryhmä ja Matti Janhunen Oy työryhmä
- tarvittavat kalustot: urakoitsijat käyttävät omia työvälineitään
- tehtäväkohtainen aikataulu
- työn laatuvaatimukset työvaiheittain

- jälkijännitettyjen laattojen ja palkkien jännityssuunnat, ja muut työhön vaikuttavat erityispiirteet kuten laakeroinnit ja liikuntasaumot
- materiaalsiirrot ja varastointi: betonimassa siirretään valukohteeseen pääosin pumppaamalla
- tarvittavat telinetyöt: järjestetään kunnolliset ja esteettömät kulkutiet holveille, sekä tarvittaessa telineet muottityötä ja kaideasennuksia varten
- merkitseminen ja mittaaminen: valukohteisiin liittyvät mittaamiset ja suoruuksien tarkistamiset mittamiehen tehtävänä
- työkohteen siisteys: työryhmä huolehtii työkohteen siisteydestä päivittäin työn etenemisen mukaan
- työkohteen suojaus: suojataan tuulelta, sateelta ja kylmyydeltä
- jälkituentasuunnitelma
- jännityslupa rakennuttajan nimeämältä valvojalta ja NCC:ltä
- työturvallisuus.

6 Laatuvaatimukset

6.1 Betonityönjohtaja

Työmaalle on nimitetty kohdetta hoitava 1-luokan betonityönjohtaja, joka on perehtynyt käytettäviin menetelmiin. Betonityönjohtajan on oltava työmaalla aina betonitöitä tehtäessä, eikä hänellä saa olla tänä aikana muita tehtäviä.

Jos 1-luokan betonityönjohtaja hetkellisesti joutuu poistumaan paikalta, tulee hänen tilallaan olla tänä aikana vähintään 2-luokan betonityönjohtaja. Sijaisena toimivan betonityönjohtajan tulee olla ennalta perehtynyt kohteeseen ja kyseisessä työvaiheessa käytettäviin menetelmiin. Betonityönjohtaja huolehtii työvaiheen onnistuneesta etenemisestä. (by 50 2005, 112).

Jokaisesta valukerrasta on betonityönjohtajan tehtävä merkintä betonointipöytäkirjaan ja kylmänä vuodenaikana on myös pidettävä talvibetonointipöytäkirjaa. Lisäksi betonityönjohtajan tehtäviin kuuluu lämpötilojen mittaaminen saapuvasta valmiista betonimassasta sekä myös jo valetusta betonista. Betonimassan lämpötilaa seurataan säännöllisesti, kunnes se on saavuttanut sille suunnitelmassa asetetun rakennelujuutensa.

6.2 Betoni

Betonin suunniteltu käyttöikä on 50 vuotta, lujuusluokka K40- 1, rasitusluokka XC3, XD1, vesitiivis. Suurin sallittu raekoko 16 mm, jotta betonin tiivistyminen onnistuu riittävän hyvin myös tiheän raudoituksen kohdissa. Suojabetonin paksuudeksi on määrätty 35 mm.

Jännitetyssä betonissa ei saa käyttää klorideja sisältäviä lisäaineita eikä merivettä valmistuksessa jännepunosten korroosioherkkyyden vuoksi (by 201 2009, 552).

Haimilahden (2014) mukaan betonia tilattaessa voidaan valita luokkaa kovempi betoni, jolloin lujuuden kehitys on nopeampaa tai valitaan tarvittaessa nopeasti kovettuva sementti. Tällaisissa tapauksissa on kuitenkin huomioitava lämpötilan nousu rapid -sementtiä käytettäessä. Lämmönkehitykseen voidaan jossain määrin vaikuttaa valitsemalla mahdollisimman karkea runkoaine, jäykkä betonin koostumus tai käyttämällä notkistimia, jolloin sideainemäärää voidaan pienentää. Massiivisissa rakenteissa rapid -sementtiä voidaan myös tarvittaessa korvata masuunikuonalla lämpötilannousun hillitsemiseksi.

Asetetaan valuun lämpötila -loggeri, jolla saadaan varmistettua täsmällinen lämpötilaseuranta ja laskettua betonin lujuudenkehityksen riittävyys. Sitoutuesaan betoni saattaa saavuttaa jopa 60 °C:n lämpötilan ensimmäisen vuorokauden aikana. Betonivalu ei saa jäähtyä alle 0 °C:seen ennen kuin se on saavuttanut vähintään 5 MPa:n lujuustason. Betonin jäätyessä siihen syntyy mikrohal-

keamia, jotka aiheuttavat rakenteen lujuuden pysyvän alenemisen sekä lyhentävät betonirakenteen käyttöikää.

Betonin lujuuden kehitystä tarkkaillaan ja jännittämisen ajankohta lasketaan. Kirjallisuudesta löytyy paljon erilaisia kypsyyskäyrästäjä eri sementtilaaduille. Newman & Choon (2003) mukaan rakenteen kypsyysajan määrittäminen tehdään Sadgroven kaavan avulla (kaava 1):

$$f_{t20} = \left(\frac{T+16}{36} \right)^2 \cdot f_c \quad (1)$$

jossa t = kovettumisaika (vrk)

T = lämpötila

C = celsius

6.3 Betonointi

Betonia ja pumppuautoa tilattaessa on otettava huomioon, ettei betonointi saa missään vaiheessa keskeytyä. Kulloinkin valettavan alueen betonointi tehdään yhdellä työskentelykerralla valmiiksi. Alustava varaus betonitehtaalte tehdään kolme viikkoa ennen valua. Onnistuneen valutyön takaamiseksi varataan aina myös toinen tarvittaessa valmiudessa oleva betonitehdas.

Betonoinnissa on kiinnitettävä erityistä huomiota siihen, että muotti täyttyy kunnolla eikä betoniin jää minkäänlaisia ilma- tai muita rakoja. Lisäksi täytyy huomioida se, ettei tärytys riko paikoilleen asetettuja jänneputkia.

Muottien valvonnasta on huolehdittava tarkasti valutyön aikana. Muottityöntekijät valvovat valun aikana muotteja ja tuentoja. Holvien valuissa on erittäin tärkeää ennen valun aloittamista käydä läpi tuennat ja varmistaa etteivät tolpat ole löysällä. Tekijät valvovat koko valun ajan tuentojen ja muottien mahdollisia liikkeitä sekä vuotoja. Tarvittaessa muottityöryhmä vahvistaa tuentoja onnistuneen valutyön takaamiseksi.

Betonointinopeus:

- Betonointinopeus valitaan sellaiseksi, että edellisen betonikerroksen sitoutuminen ei ehdi alkaa ennen seuraavan kerroksen valua.
- Betonointinopeutta valittaessa otetaan huomioon betonimassan siirtoihin, muottiin asettamiseen, tiivistykseen ja pinnan tasoittamiseen kuluva aika sekä rakennusosan erityispiirteet.
- Valmisbetonin toimitusaikataulua suunniteltaessa huomioidaan myös ennalta tiedossa olevat valutauot ja betonointinopeuden hidastumiset.

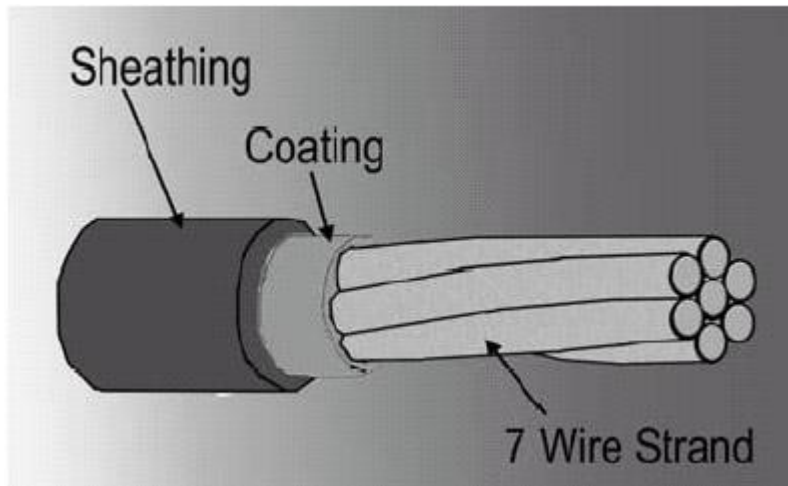
6.4 Suojaus ja jälkihoito

Alimman tason molempien lohkojen rauditus- ja punostyön sekä valun aikana käytetään sääsuojaa. Ylempien tasojen työvaiheissa sääsuojaa käytetään tilanteen mukaan tarvittavan lämpötilan saavuttamiseksi.

Jälkihoidossa on erityisesti kiinnitettävä huomiota niiden haitallisten jännitysten estämiseen, joita lämpötilan epätasainen jakautuminen ja veden liian nopea haihtuminen saattaa aiheuttaa.

6.5 Jälkijännitystyöt

Jännemenetelmänä työkohteessa käytetään Lock –jännemenetelmää (kuva 4). Jännittämistyössä on noudatettava jännemenetelmän käyttöselosteen sekä ”by 27 Tartunnattomat jänteet betonirakenteissa”- ohjeen mukaisia ohjeita (Rakenneselostus).



Kuva 4. Tartunnaton jännepunos: (National Office of Raw Materials of Prestressing Systems 2014)

Jännitys tapahtuu tarkoitukseen suunnitellulla hydraulisella tunkilla. Käytettävä paine on voima jaettuna jännitystunkin sylinterin tehollisella pinta-alalla (kaava 2):

$$p = F / A \quad (2)$$

jossa p = paine
 F = voima
 A = tehollinen pinta-ala

Pumpussa tulee olla kytkettynä painemittari, manometri, josta käytettävä paine luetaan. Jännitystyössä käytettävän mittauskaluston on oltava kalibroitu ja siitä on esitettävä asianmukaiset dokumentit. Jännitystyön aikana on pidettävä tarkkaa pöytäkirjaa venymistä ja toimitettava työn jälkeen venymätiedot rakennesuunnittelijan hyväksyttäväksi.

Jännittämistyö voidaan aloittaa vasta kun betoni on saavuttanut rakennesuunnittelijan sille määrittämän jännittämislajuuden, joka on 70 % loppulujuudesta, kuitenkin vähintään 28 N/mm^2 . Ennen jännitystyön aloittamista on varmistettava, ettei rakenteessa ole betonointivirheitä tai muita vikoja.

Jännitystyötä johtaa urakoitsijan nimeämä 1- luokan betonityönjohtaja. Jälkijännityksen suorittavalle urakoitsijalle kuuluvat myös jännitettyjen tasojen erikoissuunnitelmat. Ne sisältävät jälkijännitettyjen tasojen rauditus- ja jännepunospiirustukset sekä jännityssuunnitelman.

Jännityssuunnitelmasta tulee selvitä menetelmäkuvaus, jännittämisvoimat ja venymät, punosten jännittämisjärjestys ja jännevoiman siirtotavat, betonin lujuusluokka ja jännittämisen aikainen lujuusvaatimus, ankkurointiliukumat ja muut tarpeelliset tiedot, muotin tukirakenteiden säätöä ja purkamista koskevat ohjeet sekä jänteiden asennuspiirustukset.

Jännittämisen jälkeen jänteet lukitaan huolellisesti ankkureiden avulla paikoilleen. Jännitysankkuri, eli niin sanottu aktiiviankkuri sijoitetaan siihen päähän, josta varsinainen jännitys tapahtuu (kuva 5). Vastakkaisessa päässä on laattaan jo valuvaiheessa upotettu kiinteä ankkuri, eli passiiviankkuri (kuva 6). Tavallisimmin lukituksessa käytetään kierrettä ja mutteria sekä muita vastaavia kierremekanismeja sekä kartiokiiloja. Lisäksi ankkuriin saattaa joskus kuulua teräslevy tai muu ankkurikappale, jonka avulla ankkurivoima siirretään betoniin.



Kuva 5. Jännepunosten aktiivipäät asennettuina: (NCC 2014)



Kuva 6. Jännepunosten passiivipäät asennettuina: (NCC 2014)

6.6 Suojaputkien injektointi

Injektointi voidaan aloittaa vasta suunnittelijan hyväksyttyä jännitystyön. Suojaputkien injektointi suoritetaan SFS-EN 446:n ohjeita noudattaen. Injektoinnista on pidettävä pöytäkirjaa josta ilmenevät seuraavat asiat:

- injektointikohteet
- laastin koostumus
- rakenteen, laastin ja ilman lämpötila
- injektoinnissa käytettävälle laastille tehdyt kokeet
- työaika
- laastimenekki injektointikohteittain
- muut tarpeelliset tiedot.

Injektoitaessa suojaputkia on käytettävän laastin lujuuden oltava yhden viikon ikäisenä 16MN/ m² ja 28 päivän ikäisenä 20 MN/ m². Injektointi suoritetaan pumppaamalla vesisementtiseos siihen erityisesti suunnitellulla injektointiasemalla jänteen suojaputken sisään ankkurikappaleen päässä olevan reiän läpi. Ilmanpoistoputket suljetaan laastin noustessa niihin. Jäniteitä injektoitaessa sementin lisäaineena käytetään kutistumista estävää lisäainetta, ettei jänteen ja putken väliin jäisi minkäänlaisia tyhjiä kohtia. Injektointi kiinnittää jänteen pysyväksi osaksi rakennetta. (Rakenneselostus).

6.7 Muottien purkaminen

Muottien purkamisen suorittaa siihen erikseen nimitetty ryhmä, joka on suorittanut myös muottien asennuksen. Ryhmän kanssa on käytävä tarkasti läpi jälkituentasuunnitelma, sillä purkajien on ehdottomasti tiedostettava oikea purkujärjestys ja muut työturvallisuuteen vaikuttavat tekijät.

7 Työturvallisuus

Työturvallisuusasioista pidetään huolta, jotta voidaan välttää tapaturmat ja loukkaantumiset. Työtapaturmien ennaltaehkäisy vaikuttaa positiivisesti työmaan tulokseen, työmaalla työskentelyyn, työn sujuvuuteen ja työssä jaksamiseen. Työmailla on aina käytettävä suojakypärää, naulaan astumissuojalla varustettuja turvakenkiä, silmäsuojaimia ja huomiovaatetusta. Käsineet ovat tarpeen suojaamaan käsiä naarmuilta ja ihon altistumista haitallisille aineille.

Jokaisella työmaalla työskentelevällä tulee olla veronumerolla varustettu henkilötunniste ja voimassa oleva työturvallisuuskortti. Myös tulityökortti ja tulityölupa on oltava voimassa tiettyjen työtehtävien turvallisen suorittamisen takaamiseksi. NCC ja Rävälä Rakennus Oy tekevät työmaalla viikoittain yhteisen TR -mittauksen, jonka tarkoituksena on kartoittaa työmaan sen hetkinen turvallisuustilanne.

7.1 Perehdytys

Kaikki työmaalla työskentelevät perehdytetään työmaahan ennen työskentelyn aloittamista. Perehdytyksen yksi tärkeimmistä osa-alueista on työturvallisuus ja siihen liittyvät erityispainotukset aina kyseisellä työmaalla. Jokainen työmaalla työskentelevä ohjeistetaan käyttämään vaadittavia suojaimia ja toimimaan työmaalla yleisten työohjeiden ja normien mukaisesti. Perehdytyksen lisäksi työntekijä saa työvaihekohtaisen ohjeistuksen työturvallisuutta painottaen.

7.2 TR -mittaus

Työturvallisuus ja Riskien hallinta eli TR -mittaus suoritetaan viikoittain työmaalla. TR -mittauksen aikana kierretään koko työmaa ja merkitään lomakkeeseen oikein/ väärin havaintoja tukkimiehen kirjanpitoa käyttäen. Käytettävään lomakkeeseen on ryhmitelty kaikki keskeiset työmaan turvallisuuteen vaikuttavat asiat, kuten työskentely, telineet, kulkusillat ja tikkaat, koneet ja välineet, putoamissuojaus, sähkö ja valaistus, järjestys ja jätehuolto.

Kohde saa oikeinmerkinnän, jos se täyttää työsuojelutarkastuksessa hyväksyttävän turvallisuustason. Muissa tapauksissa kohde saa väärinmerkinnän. Mittauksessa on mukana urakoitsijoiden työnjohto sekä työntekijöiden edustaja.

Tarkan ja luotettavan TR -mittaustuloksen varmistamiseksi havaintoja tehdään paljon, minimivaatimus on 80 havaintoa yhdellä kierroksella. Mittaustulosten perusteella lasketaan työmaan turvallisuustaso prosentteina:

OIKEIN (KPL)

TR- taso = ----- x 100 = ____ %

OIKEIN + VÄÄRIN (KPL)

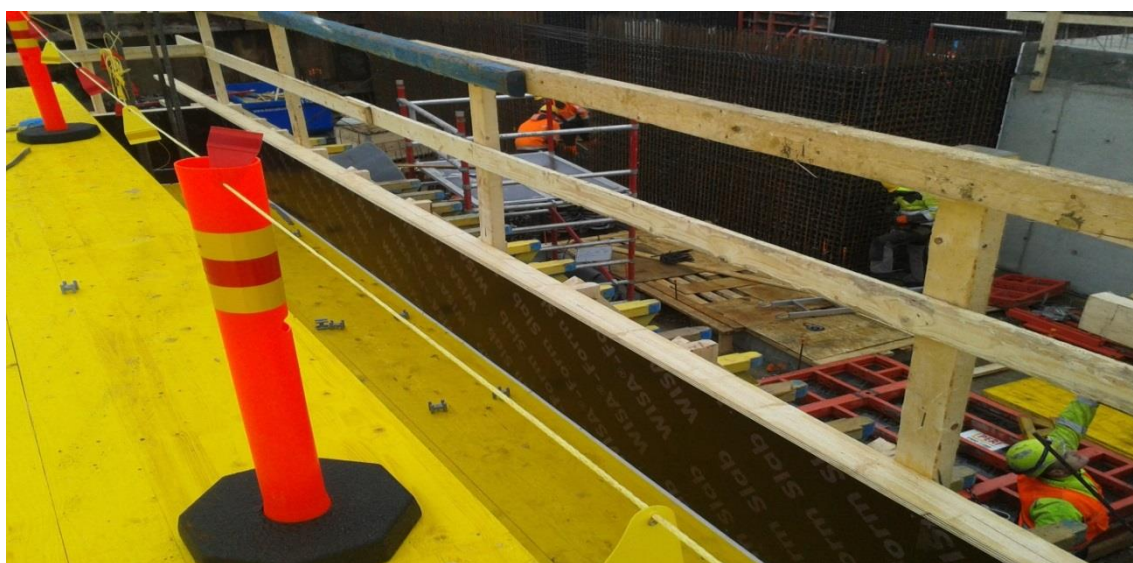
Mittausten tulos merkitään viikoittain kaikkien luettavaksi ilmoitustaululle. Tulokset käydään läpi myös viikkopalaverissa ja havaituista epäkohdista ja niiden korjauksista keskustellaan hyvässä hengessä. Menettely auttaa oppimaan pois huonoista työskentelytavoista. Tämän kyseisen työmaan tavoitteena on saada TR- mittaustulokseksi vähintään 95 % oikein.

7.3 Putoamisvaara

Horjahtamisen tai putoamisen vaara on olemassa korkealla työskenneltäessä, tai käytettäessä työskentelyyn ja työskentelypaikalle kulkemiseen erilaisia telineitä tai henkilönostimia. Telineissä on oltava asianmukaiset ja turvalliset työtasot ja kulkutiet. Henkilönostimissa ja työvaiheissa joihin sisältyy putoamisvaara, on aina käytettävä turvavaljaita.

Työmaalla holvit ja valumuotit on suojattava tarkoitukseen soveltuvin kaitein ja tarvittaessa lippusiimoin (kuva 7). Holveissa olevat aukot suojataan kaitein, tai soveltuvilta osin paksulla vanerilla jossa on huomiovärillä maalattu X -kirjain. Kaideasennustyössä on käytettävä turvavaljaita.

Ennen työskentelytelineiden käyttöönottoa tehdään niille käyttöönottotarkastus. Viikoittain tehdään telineiden kuntotarkastus TR -mittauksen yhteydessä.



Kuva 7. Holvi- ja palkkimuotin suojaus kaiteella ja lippusiimalla: (NCC 2014)

7.4 Nostot

Torni- tai autonosturia käytettäessä tulee nostettavan kuorman olla sidottu oikeaoppisesti. Nostoissa käytetään ainoastaan niihin suunniteltuja ja ennalta sovittuja apuvälineitä. Kommunikointi nosturinkuljettajan kanssa tapahtuu pääsääntöisesti radiopuhelimien avulla tai tarvittaessa yleisiä nostoihin ja konetöihin liittyviä käsimerkkejä käyttäen.

Käsin suoritettavissa nostoissa on käytettävä oikeaa työasentoa. Raskaiden kuormien nostamista käsin vältetään. Siirrettäessä painavaa kalustoa esimerkiksi holveilla, käytetään tarkoitukseen soveltuvia apuvälineitä ja koneita.

7.5 Muut vaarat

Talviolosuhteissa työskenneltäessä lumen ja jään aiheuttama liukkaus tulee huomioida. Kulkutiet pidetään puhtaina, niille kertynyt lumi ja jää poistetaan ja alue hiekoitetaan.

Työturvallisuusriskejä betonointityössä ovat valmisbetonin, muottiöljyn tai jälkahoitoaineen roiskuminen silmiin ja pitkäaikainen ihokosketus betoniin, mitkä voivat aiheuttaa palovamman tyyppisiä kudосvaurioita.

Tartuntarautoina toimivien harjaterästen ja peruspulttien päihin asetetaan varokkeet. Varokkeiden tarkoituksena on auttaa huomaamaan mahdollisesti vaaraa aiheuttavat ulokkeet. Varokkeet myös estävät kehon tai sen osien lävistymisen (kuva 8).



Kuva 8. Varokkeita tartuntarautojen päissä: (NCC 2014)

Tulitöitä tehtäessä tulee työskentelypaikalla olla alkusammutusvälineet. Työmaan alkusammutusvälineinä toimivat jauhesammuttimet sekä palopeitteet jotka tarkastetaan viikoittain.

7.6 Liikenne

Työmaan ajo- ja purkupaikkojen varmistetaan olevan tarpeeksi kantavia ja tilavia ajokalustolle. Tilaa tulee olla riittävästi tarvittavan kaluston paikalle saamiseksi ja turvallisen työskentelyn varmistamiseksi. Tarvittaessa nimetään liikenteenohjaaja, joka organisoii betoniautojen vaihdot ja kommunikoi kuljettajien kanssa. Liikenteenohjaaja huolehtii että vaihdot ovat joustavia ja valu etenee saumattomasti ilman keskeytymisiä. Tarpeen mukaan liikenteenohjaaja myös tarkkailee ja ohjaa työmaan ulkopuolista liikennettä. (Yrjönen 2012).

8 Suunnitelmat ja detaljit

Työkohteeseen tulee olla työn oikeaoppisen ja turvallisen toteuttamisen varmistamiseksi ennalta laadittuna joukko suunnitelmia ja detaljeja. Piirustustäydennyksiä tulee työn edetessä. Suunnitelmista tärkeimmät;

- rakenneselostus
- yleisaikataulu
- tehtäväkohtainen aikataulu (liite 2)
- muottisuunnitelma
- jännittämissuunnitelma
- jälkituentasuunnitelma
- piirustukset:
 - o RAK 13024-1 ... 13024-9
 - o ARK
 - o raudoitus- ja jännepunospiirustukset
 - o rakennetyypit.

9 Työn toteutus

Periaatteellinen työjärjestys jälkijännitetyille rakenteille on seuraava (Haimilahti 2014):

Muottityö, liukulaakerit, varaukset, palkkien haat ja pääteräkset, aktiiviankkurien poraus ja asennus, palkkien punokset, laatan alapinnan teräkset, laatan ankkurien poraus ja asennus, laatan punokset, laatan yläpinnan teräkset, reunapussit, raudoitustarkastus, valu, jännitys, katkaisu, rasvatulpat ja muotin purku.

NCC suorittaa aktiiviankkurin varauskolon paikkauksen. Betonin kovettumiseen arvioidaan kuluvan noin viikko ennen jännityslujuuden saavuttamista. Talviolosuhteissa on käytettävä lämmitystä. Työ alkaa laattapinnan vaaitsemisella ja

tarvittavilta osin tasoittamalla. Muotit asennetaan, varmistetaan niiden koko ja korko.

Asennetaan liukulaakerit (kuva 9), liikuntasaumaraudoitteet, teräsverkot sekä jännepunokset suunnitelmien mukaan. Jännepunosten asennuksen suorittaa Insinööritoimisto Matti Janhunen Oy. Jännepunosten ankkureiden kiinnittämiseen on paneuduttava erittäin huolellisesti, koska suurimmat jännityshuiput syntyvät juuri ankkurien läheisyyteen. Jännepunosjärjestelmän käyttöselosteesta löytyvät tiedot ankkurien reunaetäisyyksistä, keskinäisistä väleistä sekä niiden vaatimista lisäraudoituksista.



Kuva 9. Liukulaakeri ja pilaritartuntojen suojaputket asennettuna: (NCC 2014)

Jänteiden asentamisen jälkeen tehdään jännetarkastus. Huomio kiinnitetään erityisesti siihen, että kaikki jänteet on sijoitettu suunnitelmien mukaisille paikoilleen. Jännepunosten on oltava ankkuroitu ja sidottu niin, että niiden paikoillaan pysyminen valun aikana on varmistettu. Jännepunosten kuntoon tulee kiinnittää huomiota (kuva 10). Rikkoontunut suojaputki voi aiheuttaa korroosiovaurioita tai jänteen tarttumisen betoniin. Kun tarkastus on tehty ja punosasennus hyväksytty, asennetaan yläpinnan raudoitukset, joille suoritetaan myös raudoitus- ja malliasennustarkastus (liite 1).



Kuva 10. Vaurioitunut jännepunoksen suojaputki: (NCC 2014)

Laatta tehdään tasapaksuna (240 mm) kallistamalla muotin, laatan ja palkkien alapintaa laatan yläpinnan kallistusten mukaan. Paikallisia pienempiä vastakallistuksia joudutaan tekemään kaivojen lähellä laatan yläpintaan. Kaivojen paikat ja kallistukset merkitään rakennesuunnittelijan mittapiirustuksiin. Kaivon reunaan tulee jäädä 300mm betonia, mikäli kaivon reuna on laatan reunan tai palkin vieressä.

Betonointi suoritetaan yhtenäisesti ja keskeytyksettä kulloinkin valettavalle alueelle. Betonimassa siirretään valukohteeseen pääosin pumppaamalla tai vaihtoehtoisesti torninosturin avulla kuupassa. Keskeytyksien välttämiseksi valua varten tulee olla varattuna myös toinen pumppu, mikäli se vain suinkin on mahdollista, sekä ainakin kaksi betonikuoppaa nosturia varten. Mikäli valu tapahtuu nosturin avulla kuupalla, tulee olla valmiina suunnitelma sääsuojan avaamisesta niin että lämpötila valualueella säilyy riittävän lämpimänä.

Suoritetaan betonointi, tiivistetään, tasataan, ruiskutetaan ensimmäinen jälkihoitoainekerros, levitetään kuivasirote, hierretään ja levitetään toinen jälkihoitoainekerros. Betonin huolellinen jälkihoito ja suojaaminen ovat erittäin tärkeitä jälkijännityksen vuoksi.

Tarvittaessa suojataan valualue pakkasmatoilla ja pressuilla joko välittömästi valun jälkeen tai seuraavana päivänä. Tilanteen niin vaatiessa rajoitetaan työn alla oleva alue pressuseinillä ja lämmitetään sopivalla lämmityskalustolla (taulukko 1).

Suunniteltu jännituslujuus on 28 MPa, joka on 80 % loppulujuudesta. Betonin jännituslujuuden täyttymisestä tulee ilmoittaa kirjallisesti jännitysurakoitsijalle. Betonin lämmönkehityksen ja lujuuden seuranta tapahtuu valuun asetetuilla loggereilla joista Lujabetoni Oy toimittaa raportin työmaalle. Jännityslupa saadaan valvojalta ja NCC:ltä, joka myös purkaa holvin topparit valun jälkeen laatan ja palkkien aktiivipäistä jännittämistä varten.

Jännityskalustoon kuuluu normaalisti hydraulinen tunkki joka myös lukitsee jänteet ja johon kehitetään paine korkeapainepumpulla. Kalustoon kuuluvat myös mittauslaitteet, joilla mitataan voima ja saavutetut venymät. Ellei laskettuja venymiä saavuteta, syy siihen on selvitettävä ja tarkastettava jännityssuunnitelma. Mittauskalusto on kalibroitava vuosittain ja ainoastaan kalibroitujen laitteiden käyttö on sallittu.

Injektointityöt voidaan aloittaa vasta kun suunnittelija on antanut hyväksyntänsä jännittämistyölle. Injektointityö olisi hyvä aloittaa mahdollisimman pikaisesti, koska jännepunokset ovat erityisen herkkiä korroosioaurioille, ja sen aloituksen voi jättää myöhemmäksi ainoastaan silloin jos jänteiden korroosioaurioiden ehkäisemiseksi on ryhdytty tarvittaviin toimenpiteisiin.

Muottien purku suunnitellaan niin, ettei raskasta kalustoa tarvitse pitkiä matkoja siirtää käsivoimin. Purettu muottikalusto tulee olla siirrettävissä koneilla purkupaikan läheisyydestä. (Haimilahti 2014).

Taulukko 1: Sääsuojauskaluston sopivuus

Sääsuojauskaluston soveltuvuustaulukko	Betoninkovetuskapaali	Sääsuojajahalimodulit	Suojapeitteet	Lämpöpuhaltimeet	Eristepeitteet
Palkit	X	X	X	X	X
Väli- ja yläpohjaholvit	X	X	X	X	X
Pintabetonivalut		X	X	X	X

10 Tarkastukset ja virheiden ehkäisy

Työn onnistuneen lopputuloksen varmistamiseksi on suoritettava lukuisia erilaisia tarkastuksia ja mittauksia, joiden tarkoituksena on ehkäistä mahdollisia virheitä eri työvaiheissa. Tarkastuksia ja mittauksia tehdään ennen työvaiheen aloittamista, sen aikana ja sen jälkeen. Kaikkien työvaiheiden mittaukset ja tarkastukset dokumentoidaan ja kirjataan projektipankkiin ja NCC:n laatujärjestelmään. Näin toimittaessa työ etenee laadukkaasti ja turvallisesti, ja mahdollisiin ongelmiin voidaan tarttua jo kyseisen työvaiheen aikana tai jopa ennaltaehkäistä mahdollinen tuleva pulma.

10.1 Muotit

Muotit tarkistetaan ennen valutyön alkua. Muottien on oltava riittävän vahvoja, huolellisesti tuettuja ja käsitelty huolellisesti muottiöljyllä. Muotteihin mahdollisesti tulevien sähköputkitusten ja aukkovarausten on oltava tukevasti paikoillaan. Tarkastetaan että muotit ovat puhtaat roskista, lumesta ja jäästä. Muottien ja raudoitusten on oltava puhtaat. (by 50 2005, 112)

10.2 Raudoitus

Raudoitustyön etenemistä seurataan jatkuvasti. Ensimmäinen raudoitustarkastus pidetään ennen jännepunosten asennusta alimman raudituskerroksen ollessa paikoillaan. Jännepunosten ja pintaverkon asentamisen jälkeen pidetään lopullinen raudoitustarkastus, johon osallistuvat suunnittelijat ja urakoitsijoiden edustajat sekä rakennuttajan nimeämä valvoja.

Raudoitustarkastuksessa tarkistetaan ja todetaan, että betonoitavan kohteen betoniteräksiset, liikuntasaumamat, tartuntalevyt, kulmaraudat, jännityspunokset ja ankkurit ovat paikallaan. Raudoitustarkastuksen jälkeen valvoja antaa luvan valutöiden aloittamiseen. (Rakenneselostus).

10.3 Betonointi

Betonimassan laatua ja lämpötilaa tarkkaillaan tasaisen valulaadun takaamiseksi. Sääsuojateltan sisällä olevan valualueen sekä valetun betonipinnan lämpötilaa seurataan jatkuvasti. Valualueen tasaisuus tarkistetaan mittamiehen ja työryhmän edustajan toimesta valun jälkeisenä päivänä ennen valun suojausta.

Betonin lämmönkehittymistä seurataan tarkasti sekä muottien purkulujuuden että betonin jännittämislujuuden laskemiseksi. Betonin lujuuden kehittyminen kirjataan betonointipöytäkirjaan (Rakenneselostus).

11 Lopuksi

Betonointi talviolosuhteissa on jo itsessäänkin haastavaa. Rakenteiden massiivisuus ja pitkä suunniteltu käyttöikä tekevät helposti pienistäkin virheistä suuria ja kalliita. Kohteessa johon tein tehtäväsuunnitelmani, on paljon erikoisrakenteita. Suuretkin valut on pystyttävä viemään keskeytyksittä loppuun, joten kaikenlaisiin ongelmiin on osattava varautua ennalta.

Jälkijännitettävissä betonirakenteissa on paljon huomioon otettavia erityispiirteitä, joita normaaleissa rakenteissa ei ole. Työntekijöiden tulee olla tietoisia kaikista kohteen erityispiirteistä ja hallita oma työnsä. Työn jatkuva ja huolellinen seuranta on tarpeellista.

Työturvallisuuden vaaliminen ja korostaminen on yksi tärkeimmistä tämän päivän työmaailman kantavista kulmakivistä. Yleisten ja työmaakohtaisten työturvallisuusohjeiden noudattaminen voi parhaissa tilanteissa pelastaa henkiä ja ehkäistä työkyvyttömyyseläkkeelle päätymistä ennen aikaisesti. Oikein toteutettuna työturvallisuus palautuu yritykselle takaisin terveempänä työhenkilöstönä, säästönä palkka- ja sairauslomakuluissa, sekä jouduttaa työkohteen valmistumista. Näistä syistä halusin painottaa työturvallisuuden näkökulmaa opinnäytetyössäni.

Tämän tehtäväsuunnitelman tekeminen on ollut hyvin antoisaa ja opettavaista. Aihe on erittäin mielenkiintoinen ja omalla tavallaan myös haastava, oli hienoa huomata opinnäytetyön edetessä kuinka kokonaisuuden hallintakykyni vahvistui entisestään. Työharjoitteluni ansiosta pääsin seuraamaan läheltä työn edistymistä ja omalta osaltani myös vaikuttamaan eri työvaiheisiin jotka liittyvät jälkijännitettyihin rakenteisiin.

Lähteet

- Advanced concrete technology 2: Concrete properties. 2003. Newman, J. & Choo, B. S Oxford, Great Britain. 352s. ISBN 978-075-0651-04-2
- BY201 Betonitekniikan oppikirja 2004. 2004. Suomen Betoniyhdistys ry. Helsinki. 570s. ISBN 978-952-5075-61-8
- BY50 Betoninormit 2004. 2005. Suomen Betoniyhdistys ry. Helsinki. 253s. ISBN 952-5075-60-5
- Haimilahti, P. 2013- 2014. 1- luokan betonityönjohtaja. NCC Rakennus Oy. Haastattelut.
- Paikallavalurakentamisen työturvallisuus työmaan näkökulmasta. 2012. Yrjönen, J NCC- yhtiöt. Helsinki. 8s.
- Rakenneselostus. 2013. Civilpro oy. Joensuu. 54s.
- Rakennustöiden laatu 2014. 2013. Talonrakennusteollisuus ry, Rakennustietosäätiö RTS. Helsinki. 352s. ISBN: 978-952-267-053-3.
- RIL 149-1995 Betonityöohjeet. 2002. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. Helsinki. 330s. ISBN: 978-951-758-431-1
- Runko RYL 2010 Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset, Talonrakennuksen runkotyöt. Talonrakennusteollisuus ry, Rakennustietosäätiö RTS. 2013. Helsinki. 352s. ISBN 978-951-682-970-1.
- SFS-EN 1992-1-1. Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu, Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt. 2009. Helsinki. 15s.

Raudoitustarkastus



Malliasennuskatselmus

5.3.2014

Malliasennuskatselmus Jälkijännitetynholvin raudoitustarkastus Mod A1-D7

Työmaan nimi	Koskikatu 9 osakeyhtiö
Työmaan numero	12 187
Malliasennuksen nro	K-kerroksen katto mod. A1-D7 rauditus- ja punosasennus
Osallistujat	Erkki Nuutinen Civilpro Oy Matti Janhunen Insinööritoimisto Matti Janhunen Oy Jari Siniranta JS-Suunnittelu Oy Tomi Rautiainen Joensuun Juva Oy Pauli Haimilahti, Teemu Räsänen, Kimmo Väänänen NCC Rakennus Oy Andry Kasak Rävala Rakennus Oy
Sopimusasiakirjat	JS-suunnittelu Oy:n suunnitelmat 1-9, Holvit ja palkit Insinööritoimisto Janhusen työohje 15.1.2014
Tekniset laatu-vaatimukset	Suunnitelmista
Työmenetelmään liittyvät vaatimukset	Suunnitelmista, ARK- työselostuksesta, RAK 200 kuvasta (korot, Betonin tiedot)
Työnsuorittaja	NCC Rakennus Oy/ Rävala Rakennus Oy
Työnjohtaja	Pauli Haimilahti NCC, Tarmo Töntsön ja Andry Kasak Rävala
Asennusalue	Sijainti: Valualue A1- D7 K- kerroksen katto
	Määrä: n. 540 m2
Tarkastusajankohta	05.03.2014
Havaitut virheet ja puutteet / korjaukset	-Laatan punokset sidotaan paremmin palkkien kohdalla pääraudoitukseen -Palkkien raudoitusta nostetaan ylemmäksi linjalla 4,1 -Valualueelta poistetaan roskat, sidontalangat, raudanpätkät enne betonointia -Holvista pestään ruosteiset kohdat vedellä
	Malliasennuskatselmus hyväksytty ilman korjauksia Rauditus suunnitellusti asennettu, yllä olevat kohdat vielä kuntoon.

1 (2)

[Projektit:Toteuttavan yrityksen nimi]

[Projektit:Toteuttavan
kotipaikka]

Y-tunnus:

[Projektit:Toteuttavan
Y-tunnus]

Yksikkö:

Joensuu Kauppakaari 1 80100

JOENSUU

Puh. [Projektit:Toteuttavan pinalueen
puhelin]

Projekti: 12 187

Koskikatu 9 osakeyhtiö

Koskikatu 9, 80100 JOENSUU

Vastaava työnjohtaja:Räsänen Teemu, 050 5291338

Vastuuhenkilö:

[Projektit:Työpäällikkö]

0503686657

Jälkiännitysaiakataulu

